

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
28. März 2002 (28.03.2002)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 02/24970 A2**

- (51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **C23C 4/00** (74) Anwalt: **BECKER, Eberhard**; Becker Kurig Straus, Bavariastr. 7, 80336 München (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: **PCT/EP01/09514** (81) Bestimmungsstaaten (*national*): JP, US.
- (22) Internationales Anmeldedatum:  
17. August 2001 (17.08.2001) (84) Bestimmungsstaaten (*regional*): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).
- (25) Einreichungssprache: **Deutsch**
- (26) Veröffentlichungssprache: **Deutsch** Veröffentlicht:  
— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts
- (30) Angaben zur Priorität:  
100 46 956.6 21. September 2000 (21.09.2000) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **FEDERAL-MOGUL BURSCHEID GMBH** [DE/DE]; Bürgermeister-Schmidt-Strasse 17, 51399 Burscheid (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **HERBST-DEDERICH, Christian** [DE/DE]; Bellinghausen 10-12, 51399 Burscheid (DE).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: **THERMALLY APPLIED COATING FOR PISTON RINGS, CONSISTING OF MECHANICALLY ALLOYED POWDERS**

(54) Bezeichnung: **THERMISCH AUFGETRAGENE BESCHICHTUNG FÜR KOLBENRINGE AUS MECHANISCH LEGIERTEN PULVERN**

(57) Abstract: The invention relates to a wear-resistant coating used for bearing surfaces and flanks of piston rings in internal combustion engines. The wear-resistant inventive coating is obtained by mechanically alloying powders which form a metallic matrix with hard material dispersoids and lubricant material dispersoids. The coating is then thermally applied to the workpieces, especially by means of high velocity oxygen fuel spraying (HVOF). The workpieces coated are bearing surfaces and parts of flanks pertaining to piston rings in internal combustion engines.

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft eine verschleißfeste Beschichtung zur Verwendung für Laufflächen und Flanken von Kolbenringen in Verbrennungskraftmaschinen. Die erfindungsgemäße verschleißfeste Beschichtung wird erhalten durch mechanisches Legieren von Pulvern, die eine metallische Matrix bilden mit Hart- sowie Gleitstoffdispersoiden. Die Beschichtung wird thermisch dann auf die Werkstücke, insbesondere mittels Hochgeschwindigkeits-Flammspritzen (HVOF), aufgetragen. Bei den Werkstücken handelt es sich um die Laufflächen und Flankenteile von Kolbenringen in Verbrennungskraftmaschinen.

WO 02/24970 A2

Titel: Thermisch aufgetragene Beschichtung für Kolbenringe aus mechanisch legierten Pulvern

### Beschreibung

5

Die vorliegende Erfindung betrifft eine verschleißfeste Beschichtung zur Verwendung für Laufflächen und Flanken von Kolbenringen in Verbrennungskraftmaschinen. Die erfindungsgemäße verschleißfeste Beschichtung wird erhalten durch mechanisches Legieren von Pulvern, die eine metallische Matrix bilden mit Hart- sowie Gleitstoffdispersoiden. Die Beschichtung wird thermisch dann auf die Werkstücke, insbesondere mittels Hochgeschwindigkeits-Flammspritzen (HVOF), aufgetragen. Bei den Werkstücken handelt es sich um die Laufflächen und Flankenteile von Kolbenringen in Verbrennungskraftmaschinen.

10

15 Die Erfindung befaßt sich daher insbesondere mit der Herstellung und der Zusammensetzung von Beschichtungen mechanisch legierter Pulver mit tribologisch optimalen Eigenschaften als Ausgangsstoffe zum Zweck der Beschichtung von Kolbenringlaufflächen mittels thermischer Verfahren z.B. mittels dem thermischen Spritzen sowie mit den aus den erwähnten Pulvern entstehenden Beschichtungen auf z.B. Kolbenringen von

20

Kolbenringe unterliegen durch ihren ständigen Eingriff an der Zylinderlaufbahn einem ständigen Gleitverschleiß. Dieser äußert sich sowohl in abrasivem Abrieb der Kolbenringoberfläche oder seiner Beschichtung als auch teilweisem Übertrag von Material von der Zylinderlauffläche auf die Kolbenringlauffläche und umgekehrt. Durch angepaßte Beschichtungen ist es möglich, diese negativen Einflüsse zu verringern. So zeigen parikelverstärkte Hartchrombeschichtungen eine deutlich bessere Abriebfestigkeit als unbeschichtete oder nitrierte Ringe (siehe EP 217126 B1), aber auch als konventionelle Hartchromschichten sowie Plasmaspritzschichten auf Molybdän-Basis. Dennoch geraten auch diese Beschichtungen aufgrund der steigenden Druck- und Temperaturparameter in modernen Verbrennungsmotoren in den Grenzbereich ihrer Leistungsfähigkeit. Daher werden neue Beschichtungen erforderlich, die über noch geringeren Abrieb und höhere Adhäsionsfestigkeit gegenüber den heute existierenden verfügen. Keramiken sind als Werkstoffe prinzipiell geeignet, diese Aufgabe zu erfüllen. Sie verfügen über eine

25

30

ausgezeichnete Abriebfestigkeit und aufgrund ihres nichtmetallischen Bindungscharakters über eine sehr geringe Adhäsionsneigung gegenüber Metallegierungen.

5      Keramiken können durch verschiedene Beschichtungsverfahren direkt auch auf Kolbenringe aufgetragen werden. So können sie z.B. durch Aufdampfverfahren (PVD oder CVD) direkt abgeschieden werden. Nachteilig hierbei ist, daß die Auftragsleistungen für diese Anwendung viel zu niedrig und dementsprechend unwirtschaftlich sind.

10     Das Plasmaspritzen hingegen führt zu relativ hohen Auftragsleistungen, jedoch stehen diese Beschichtungen in der Regel unter Zugspannungen, wodurch sie riß- und ausbruchgefährdet sind. Dies wird vor allem auch durch den sehr spröden Charakter der Keramiken selbst verstärkt.

15     Die thermische Spritztechnik nimmt die positiven Erfahrungen mit nanokristallinen Hartmetallen (nanokristallin=1 bis 100nm) zunehmend auf. Schon bereits Ende der achtziger Jahre wurden nano-Karbid verstärkte Werkstoffe durch Vakuum-Plasmaspritztechnik zu Schichten verarbeitet. Bei vergleichbar geringeren Hartstoffanteilen können mit diesem Verfahren höhere Härten in den erzeugten Schichten erreicht werden. Die Beschichtungen zeigen eine deutlich höhere Duktilität und damit Schlagfestigkeit als konventionell verstärkte  
20     Werkstoffe. Aber erst mit Hilfe der Hochgeschwindigkeitsflammspritztechnik ist es möglich, Pulvermorphologien auch in der Schicht abzubilden. Nano-oxidisch verstärkte Metalle sollten daher vorrangig mittels Hochgeschwindigkeits-Flammspritzen (HVOF) verspritzt werden. Die Spritzpulver werden mittels Hochenergie-Mahlen hergestellt. Für thermische Spritzpulver ist dieser Prozeß besonders interessant, da er zu einer Reihe besonderer  
25     Pulvereigenschaften führt. So wird durch den Brech- und Mahlprozeß an den Pulveroberflächen ständig die Dichte an Stapelfehlern, Fehlstellen und Versetzungen erhöht, während die Korngrößen bis auf nanokristalline Dimensionen reduziert werden können. Diese permanent frisch entstehenden Oberflächen zeichnen sich durch eine hohe Aktivität aus, so daß auch Oxid-Metall- und Karbid-Metall-Verbindungen hoher Festigkeit entstehen  
30     können.

Wünschenswert ist es daher, die guten tribologischen Eigenschaften von Keramik mit den guten mechanischen Eigenschaften von Metallen zu verbinden. Denkbar ist z.B., Keramikpartikel in eine metallische Matrix einzulassen, wodurch eine duktile und zähe  
35     Bindung der harten und teilweise spröden Keramikpartikel gewährleistet ist. Die Keramikpartikel können dann bei geeigneter Freilegung an der Oberfläche die tribologischen Aufgaben übernehmen, während die Metallmatrix die mechanischen Lasten aufnimmt und

gegebenenfalls Spannungen über Verformungen abbaut.

Ein solches Verbundprinzip wird heute bereits verwirklicht. So können z.B. pulverförmige Hartmetalle (WC-Co) oder Cermets (NiCr-CrC) mittels thermischer Beschichtungsverfahren zu Schichten verarbeitet werden. Grundlage hierfür ist entweder eine Pulvermischung oder ein Verbundpulver. Mechanische Mischungen liefern aber in aller Regel die niedrigsten Schichtqualitäten, da die Verbundbildung hierbei erst im Beschichtungsprozeß erfolgt und die Hartstoffe aufgrund ihrer geforderten Rieselfähigkeit relativ groß sein müssen. Verbundpulver werden in aller Regel durch Agglomeration zu sogenannten Mikropellets hergestellt. Hierbei werden mikrofeine Ausgangspulver in einem Sprühtrocknungsprozeß zu verarbeitungsfähigen, d.h. in erster Linie rieselfähigen Pulvern verarbeitet. Um die Festigkeit des Agglomerats zu erhöhen bzw. bestimmte Agglomeratsdichten zu erreichen, werden diese in aller Regel anschließend gesintert. Eine andere Möglichkeit der Verbundpulverherstellung ist das Vermischen der Komponenten mit anschließender Sinterung zum Block. Das Pulver wird hier durch Brechen und Mahlen des Blocks gewonnen. Des weiteren werden Verbundpulver durch Umhüllen, hierbei wird z.B. ein Hartstoffpulver durch ein metallisches Element chemisch oder physikalisch beschichtet, oder sogenanntes Cladding – dabei werden feine Metallpulver auf den Hartstoffkern im Sprühtrocknungsverfahren aufgeklebt – hergestellt.

Kennzeichnend für die Herstellung üblicher Verbundpulver ist, daß eine Verbundbildung im Pulver in aller Regel einen Sinterprozeß erfordert, da die Pulver ansonsten in den Beschichtungsprozeßen in ihre Ausgangsbestandteile zerfallen können und der vorteilhafte Verbundeffekt in der Schicht verloren geht. Dies ist um so wichtiger, je stärker die Verarbeitungskräfte während der Beschichtung werden. Diese sind insbesondere bei den Hochgeschwindigkeits-Spritzverfahren, wo die Pulver in einem Überschall-Gasstrom verarbeitet werden, sehr hoch. Des weiteren ist zur Erfüllung der tribologischen Aufgabe eine optimale Anbindung zwischen Keramik- und metallischer Bindephase notwendig, die insbesondere durch eine chemische-metallische Verbindung erreicht wird.

Nachteilig an der erforderlichen Sinterung ist, daß einerseits die Wirtschaftlichkeit der Pulver verringert wird, zum anderen eine Sinterfähigkeit der Ausgangskomponenten erforderlich ist. Diese ist insbesondere bei der Kombination WC-Co vorhanden, ist aber bei der aus wirtschaftlichen und tribologischen Gesichtspunkten interessanten Kombination aus z.B. metallischem Binder und oxidkeramischen Hartstoffen nicht gegeben. Daher konnten solche Pulver zur thermischen Beschichtung von Kolbenringaufläufen bislang nicht erfolgreich eingesetzt werden.

Ein Ansatz zur thermischen Beschichtung von Metallteilen, wie beispielsweise Kolbenringen und Zylinderlaufbuchsen, wird in DE 197 00 835 A1 beschrieben. Das in diesem Dokument verwendete Kompositpulver ist ein Gemisch aus Karbiden, Metallpulver und Festschmierstoffen, dass mittels eines Hochgeschwindigkeits-Flammspritz-Verfahrens zu einer selbstschmierenden Kompositschicht verarbeitet wird. Zur Erzeugung des Kompositpulvers werden die Kompositpartikel aus CrC und NiCr mit den Festschmierstoffen vermischt.

Nachteilig an dieser Art der Erzeugung des Kompositpulvers gemäß DE 197 00 835 A1 ist, dass zum Erhalt der notwendigen Rieselfähigkeit, als Bedingung für die Verarbeitung im Hochgeschwindigkeits-Flammspritz-Verfahren, relativ grobkörnige Partikel gebildet werden müssen. Bei diesen gemischten, nicht sphärischen Kompositpulvern muß die Korngröße der Festschmierstoffpartikel  $>20\mu\text{m}$  betragen, damit das Kompositpulver die zum Verspritzen im Hochgeschwindigkeits-Flammspritz-Verfahren erforderliche Rieselfähigkeit besitzt. Diese groben Partikel bedingen in der Beschichtung eine konzentrierte Anhäufung von Festschmierstoffphasen was sich wiederum negativ auf den Verschleiß auswirkt, da die groben und damit auch relativ großen Festschmierstoffbereiche herausbrechen können und durch Ihre Größe als Schmierstoff nur punktuell zur Verfügung stehen.

Daher ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung die beschichtungsseitigen Werkstoffkombinationen pulvertechnisch dahingehend zu erweitern, daß für den Kolbenring tribologisch optimale Oberflächen entstehen.

Es soll daher eine thermisch auftragbare Beschichtungszusammensetzung für Laufflächen von Kolbenringen etc. bereit gestellt werden, die aus mechanisch legierten Pulvern hergestellt werden können.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch die Beschichtung gemäß Patentanspruch 1 sowie durch den Kolbenring gemäß Patentanspruch 11 gelöst.

30

In den Unteransprüchen sind vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung enthalten.

Erfindungsgemäß werden daher die Ausgangspulver mechanisch legiert, insbesondere in Attritoren, Hammer- oder Kugelmühlen. Bei allen diesen erfindungsgemäßen Verfahren werden Ausgangspulver klein gebrochen und dabei gleichzeitig ineinander verknetet, so daß auch ohne Sinterung ein Verbundpulver entsteht. Dadurch können auch nicht sintergeeignete Werkstoffkombinationen wie Metalle und Oxide zu Verbundpulvern verarbeitet werden.

35

Diese Technologie wird beispielsweise großtechnisch zur Herstellung von so genannten ODS-Legierungen für Hochtemperaturanwendungen verwendet, wo der metallischen Matrix ca. 2 Gew.-% auf Nanodimension zerkleinerte Oxide zulegiert werden.

- 5 Die Erfindung betrifft daher die Herstellung mechanisch legierter Pulver und Verwendung dieser Pulver mittels thermischer Beschichtungsverfahren zum Zwecke der Beschichtung der Laufflächen- und Flanken von Kolbenringen sowie daraus hergestellte Kolbenring-Beschichtungen. Die erfindungsgemäß eingesetzten Ausgangspulver besitzen eine geeignete Korngröße. Für das thermische Spritzen werden vorzugsweise Korngrößen von 5-80µm, besonders bevorzugt 5- 60µm, verwendet. Erfindungsgemäß besteht das Ausgangspulver aus  
10 einer metallischen Matrix und mindestens einer keramischen Phase zur Erhöhung der Verschleißbeständigkeit der metallischen Matrix. Die keramischen Phasen im Ausgangspulver bzw. in der fertigen Beschichtung besitzen Durchmesser von <10µm. Vorzugsweise besitzen sie Größenbereiche von wenigen Nanometern bis einigen Mikrometern. Die  
15 metallische Matrix des Ausgangspulvers und der Beschichtung umfassen insbesondere Legierungen auf Basis von Eisen, Nickel, Chrom, Kobalt, Molybdän.

- Das Ausgangspulver kann aus einer metallischen Matrix und mindestens einer Festschmierstoffphase zur Verbesserung der Schmiereigenschaften der Matrix bestehen. Die  
20 Festschmierstoffphase in dem Ausgangspulver besitzt Korngrößen < 20µm, bevorzugt < 10µm. Als Festschmierstoffpartikel können beispielsweise solche aus Graphit, hexagonalem Bornitrid oder Polytetrafluorethylen verwendet werden

- Ein weiterer Vorteil des erfindungsgemäßen Werkstoffes ergibt sich gegenüber der DE 197 00  
25 835 A1 dadurch, dass die Dispersoide und Festschmierstoffe zu einem Kompositpulver vermahlen, d. h. mechanisch zulegiert, werden. Hierdurch können sehr feine Kompositpartikel erzeugt werden, die sich wiederum als feinst verteilte Festschmierstoffphasen in der Schicht wiederfinden. Diese feinst verteilten Festschmierstoffphasen ermöglichen nun eine optimale und gleichmäßige Verteilung der Schmiermittel, wodurch der Verschleiß der Schicht reduziert wird.

- 30 Weiterhin ist es möglich, dem erfindungsgemäßen Werkstoff auch Hartstoffpartikel beispielsweise aus der Gruppe Wolframkarbid, Chromkarbid, Aluminiumoxid, Siliciumkarbid, Borkarbid, Titancarbid und/oder Diamant einzuarbeiten.

- 35 Das mechanische Legieren erlaubt unter prinzipieller Wahrung wirtschaftlicher Vorteile zwei wesentliche Vorteile gegenüber allen anderen Pulverherstellmethoden. Zum einen können prozeßtechnisch relativ einfach Verbundpulver wie Metall+Oxidkeramik und

Metall+Diamant zur nachfolgenden beschichtungstechnischen Verarbeitung mittels thermischer Verfahren hergestellt werden. Dabei können die Gehalte an Hartstoffen in der Metallmatrix weit über 50 Vol.-% betragen, wodurch sich die Eigenschaften der Hartstoffphasen deutlich besser nutzen lassen als bei den niedrigen Gehalten, die heute  
5 beispielsweise bei galvanischen Chrom-Dispersionsschichten erreicht werden. Als weiterer Vorteil können praktisch beliebig feine und homogen verteilte Hartstoffphasen in der beliebig zusammengesetzten Metallmatrix erzeugt werden. Hierdurch kann sowohl die Matrix gezielt auf Abrieb- und Brandspurfestigkeit optimiert werden als auch ein bestimmter Anteil von größeren Hartphasen rein tribologische Aufgaben erfüllen.

10

Bei der Herstellung mechanisch legierter Pulver werden die Ausgangswerkstoffe in die Mühle eingefüllt und der Mahlprozeß gestartet. Die Pulver werden durch Stoßprozesse, die entweder durch die im Mischer enthaltenen Kugeln oder durch Kontakt mit den Kammerwänden erzeugt werden, je nach Verformbarkeit gebrochen bzw. verformt.  
15 Keramiken beispielsweise, die über keine Verformbarkeit verfügen, werden kontinuierlich klein gebrochen. Versuche haben gezeigt, daß diese bis auf Nanodimension herunter gebrochen werden können. Es hat sich ebenfalls gezeigt, daß die metallische Matrix bei Unterschreitung der darin enthaltenen Keramikphasen unterhalb der Ein-Mikron-Grenze deutliche Festigkeitssteigerungen erfährt. Metalle mit Verformungsvermögen werden  
20 dagegen weitestgehend nur verformt, teilweise durch versprödende Kaltverfestigung aber auch gebrochen. Im Laufe des Mahlprozesses werden dann die gebrochenen Hartstoffphasen in die Metallmatrix einlegiert und durch die fortdauernde Mahlbewegung zu verarbeitungsfähigen Pulverfraktionen verknetet. Es kommt dabei auch ohne Sinterung eine ausgezeichnete Anbindung zwischen beispielsweise Oxidkeramiken und Metallen zustande.  
25 Begründet wird dies damit, daß durch den Brechprozeß an der Keramik kontinuierlich frische, energiereiche Oberflächen erzeugt werden, die eine hohe mikroskopische Affinität besitzen. Durch die hohen mechanischen Impulse während des Mahlens werden die metallischen und keramischen Oberflächen so stark miteinander verpreßt, daß es vermutlich auf atomarer Ebene zu Grenzflächenreaktionen kommt. Eine anschließende Sinterung der  
30 Pulver kann in einzelnen Fällen eine weitere Steigerung der Keramik-Metall Kohäsion erzeugen.

Durch Zuführung der verschiedenen Ausgangswerkstoffe zu unterschiedlichen Zeitpunkten können die Hartstoffgrößen im Pulver gezielt eingestellt werden. Es können darüber hinaus  
35 nicht nur eine Hartstoffphase und eine Metallmatrix als Ausgangswerkstoffe dienen, sondern praktisch beliebig viele. Zudem kann dem Pulver ein für die Anwendung nützlicher Anteil an Festschmierstoffen zusätzlich zugeführt werden.

Die Pulver werden anschließend durch thermische Beschichtungsverfahren aufgetragen, wobei insbesondere gut das Thermische Spritzen, das Laserbeschichten sowie das Auftragschweißen und -löten eingesetzt werden können.

5

In Versuchen wurde dabei vorrangig das Hochgeschwindigkeits-Flammspritzen (HVOF) aus der Familie des Thermischen Spritzens angewandt.

10

Die Erfindung soll nun anhand der folgenden Beispiele sowie der Figuren (Bild 1, Bild 2) näher erläutert werden.

#### Beispiel 1:

15

In Beispiel 1 wurde konventionelles Spritzpulver von Aluminiumoxid mit einem konventionellem Spritzpulver aus NiCr im Volumenverhältnis 1:1 gemahlen. Dabei entstand nach dem Mahlprozeß ein Pulver feinst verteilter Aluminiumoxidphasen (grau) in der Matrix (Bild 1: mechanisch legiertes Pulver NiCr-34Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Nach Verarbeitung mittels HVOF entsteht eine sehr gut haftende, dichte Beschichtung, die zum Pulver eine gleiche Mikrostruktur aufweist (Bild 2: HVOF-gespritzte Schicht zeigt identische Mikrostrukturen).

20

#### Beispiel 2:

25

In Beispiel 2 wurde dem Pulver aus Beispiel 1 bis zu 20 Vol.-% eines pulverförmigen Festschmierstoffes zulegiert, der nach Verarbeitung mittels HVOF in der Schicht nachweislich vorhanden ist und das Reibverhalten der Schicht auf dem Kolbenring eindeutig verbessert.



## Beispiel 3:

In Beispiel 3 wurden der Matrix aus Beispiel 1 weitere metallische Elemente wie z.B. Mo zulegiert, um die tribologischen Eigenschaften der Kolbenringbeschichtung zu verbessern.

- 5 Das Mo-Pulver wird im Mahlprozeß wegen seiner hohen Zähigkeit nur geringfügig feingemahlen, liegt aber im Pulver und in der Beschichtung als homogen verteilte, hervorragend eingebettete Phase vor. Das Brandspurverhalten der Kolbenringbeschichtung konnte auf diese Weise nachweisbar verbessert werden.

## 10 Beispiel 4:

In Beispiel 4 wurde dem Pulver aus Beispiel 1 50 Vol.-% zweier verschiedener keramischer Phasen (Aluminiumoxid, Zirkonoxid) zugemischt. Dabei wurden die Keramiken zu verschiedenen Zeitpunkten dem Mahlprozeß zugegeben, wodurch die verschiedenen  
15 keramischen Phasen in der HVOF Schicht unterschiedliche Fraktionen haben. Durch diese Vorgehensweise läßt sich durch die eine Keramik die Matrixhärte gezielt steuern, ohne daß die tribologisch erforderliche Hartphasengröße der anderen Keramik nachteilig beeinflusst wird. Dadurch kann die Abriebfestigkeit der Kolbenringbeschichtung eindeutig verbessert werden.

20

## Beispiel 5:

In Beispiel 5 wurde einem kommerziellen NiCr Spritzpulver feinsten Diamantstaub zugemischt und einlegiert. Nach Verarbeitung mittels HVOF konnte eine Erhöhung der  
25 Verschleißbeständigkeit gegenüber der unlegierten Matrix festgestellt werden, was sich vorteilhaft auf die tribologischen Eigenschaften der Kolbenringbeschichtung auswirkt.

**Titel:** Thermisch aufgetragene Beschichtung für Kolbenringe aus mechanisch legierten Pulvern

### **Ansprüche**

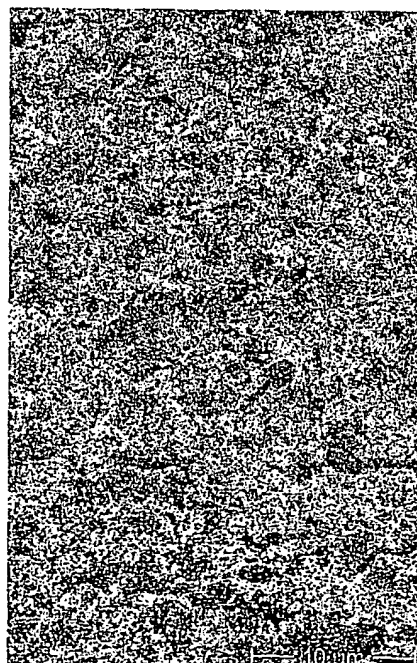
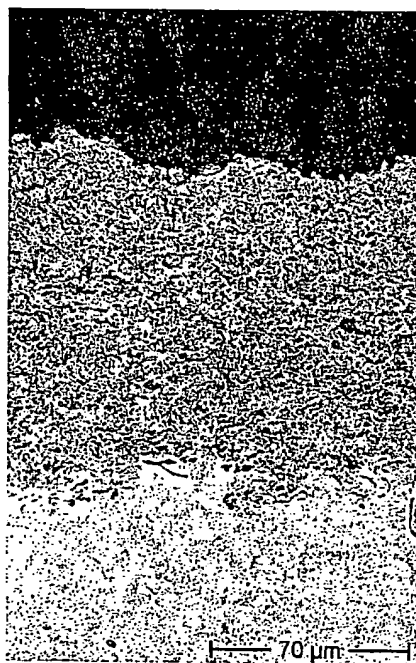
- 5
1. Verschleißfeste Beschichtung für Laufflächen und Flanken von Kolbenringen aus mechanisch legierten Pulvern, erhältlich durch mechanisches Legieren von
    - Pulvern bestehend aus Nickel oder Eisen und einem oder mehreren der Nickel- oder Eisenlegierungselemente Kohlenstoff, Silizium, Chrom, Molybdän, Cobalt sowie
    - 10 Eisen oder Nickel, als metallische Matrix, in einer Menge von 70 bis 5 Vol.-%, bezogen auf das Gesamtgemisch, wobei der Anteil der Legierungselemente zusammen nicht mehr als 70 Gew.-% der Gesamtlegierung der Matrix beträgt,
    - einem oder mehreren der Dispersoide  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ,  $\text{TiC}$ ,  $\text{SiC}$ ,  $\text{CrC}$ ,  $\text{WC}$ ,  $\text{BC}$  oder Diamant, wobei die Teilchengröße des oder der Dispersoide(s) bis
    - 15 etwa 10  $\mu\text{m}$  beträgt und der Anteil der Dispersoiden am Gesamtgemisch zwischen 30 und 95 Vol.-% beträgt,und Auftragen des mechanisch legierten Pulvers mittels thermischem Spritzen.
  2. Verschleißfeste Beschichtung gemäß Anspruch 1, mechanisch legiert mit Anteilen aus pulverförmigen Festschmierstoffen aus der Gruppe aus Graphit, hexagonalem Bornitrid,
  - 20 Polytetrafluorethylen, wobei der Anteil der pulverförmigen Festschmierstoffe bis zu 30 Vol.-% des Gesamtgemisches beträgt.
  3. Verschleißfeste Beschichtung nach einem der Ansprüche 1 und/oder 2, mechanisch legiert mit Anteilen aus einem oder mehreren Additiven aus der Gruppe der Elemente Ti, Zr, Hf, Al, Si, P, B in einer Menge von bis zu 2 Gew.-%, bezogen auf die Gesamtlegierung der metallischen Matrix.
  - 25
  4. Verschleißfeste Beschichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die keramische Phase 70 bis 90 Vol.-% beträgt.
  - 30
  5. Verschleißfeste Beschichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die metallische Matrix als Nickel mit bis zu 50 Gew.-% Chrom vorliegt.

6. Verschleißfeste Beschichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die metallische Matrix aus Nickel mit bis zu 30 Gew.-% Chrom und bis zu 30 Gew.-% Molybdän besteht.
- 5
7. Verschleißfeste Beschichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die metallische Matrix als Eisen mit bis zu 50 Gew.-% Chrom vorliegt.
- 10
8. Verschleißfeste Beschichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die metallische Matrix aus Eisen mit bis zu 30 Gew.-% Chrom und mit bis zu 30 Gew.-% Molybdän besteht.
- 15
9. Verschleißfeste Beschichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die keramische Phase aus  $\text{Al}_2\text{O}_3$  besteht.
- 20
10. Verschleißfeste Beschichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das mechanische Legieren in einer Hammermühle, einer Kugelmühle oder in einem Attritor durchgeführt wird.
- 25
11. Kolbenring für Verbrennungsmaschinen, dadurch gekennzeichnet, daß der Kolbenring auf den Flankenflächen und/oder Lauffläche eine Beschichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 10 aufweist.
- 30
12. Kolbenring gemäß Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Dicke der Beschichtung 0,01 bis 1,0 mm beträgt.
13. Kolbenring gemäß Anspruch 11 und 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Beschichtung mittels thermischem Spritzen, insbesondere mittels Hochgeschwindigkeits-Flammspritzen (HVOF) aufgebracht worden ist.

**Fig. 1**



**Fig. 2**



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ **BLACK BORDERS**

☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☐ **FADED TEXT OR DRAWING**

☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☒ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**